

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА ЗУБЬЕВ ВОЛНОВОГО ТОРЦЕВОГО КИНЕМАТИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Джасем Мохамед

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

тел.(983)-233-04-54

E-mail: eng.mjasem85@gmail.com

Вследствие компактности и малой массы представляют интерес кривошипно-конические передачи, в которых шестерня совершает сложное пространственно-сферическое движение. Однако, эти передачи не нашли широкого применения из-за непостоянства передаточной функции, связанного с особенностями пространственно-сферического движения шестерни и технологическими трудностями, в частности с нарезанием зубьев конических колес с внутренним зацеплением. Кроме того, наличие трения скольжения в зацеплении, приводящее к скачкообразности вращения, а также ограниченная многопарность сопряжения зубьев обуславливают их низкую кинематическую точность и надежность[1].

В этой работе, рассматривается разработка волнового торцевого кинематического редуктора с выпукло-вогнутым контактом зубьев. Боковые поверхности зубьев шестерни описываются дугой окружности, а центральные колеса - выпуклыми / вогнутыми профилями.

На рис. 1 представлена принципиальная схема волнового торцевого кинематического редуктора, состоящего из четырех элементов: генератора (входного вала) 1, выполненного в виде кривошипного валика, шестерни в виде двухвенечного блока 3, состоящей из двух конических колес внутреннего зацепления и свободно вращаются на кривошипном валике, неподвижного конического колеса 2 с наружным зацеплением и подвижного конического колеса 4, жестко связанного с выходным валиком 5. Левый зубчатый конический венец 2 блока 3 находится в зацеплении с неподвижным коническим колесом 2, а правый зубчатый венец 3 этого блока – с подвижным коническим колесом 4[2].

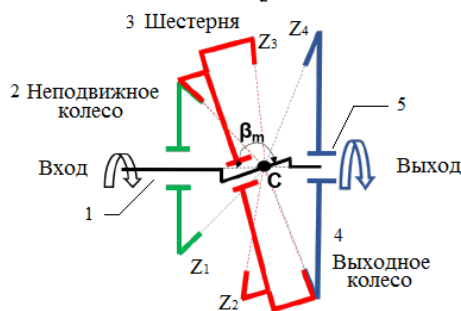


Рис. 1. Принципиальная схема волнового торцевого кинематического редуктора

Разница в количестве зубьев зубчатых колес и сопряженных зубьев шестерни составляет ± 1 . В рассматриваемого волнового торцевого кинематического редуктора делительные конусы зубчатых колес 2, 3 и 4 имеют общую вершину, расположенную в точке O и лежащую на оси передачи[3].

При вращении генератора 1 шестерня 3 совершает сферическое движение относительно точки O посредством обкатывания зубьев венца 2 по зубьям неподвижного колеса 2. Зацепляясь одновременно зубьями венца 3 с зубьями колеса 4, шестерня 3 передает вращение зубчатому колесу 4, жестко соединенному ведомым валиком 5.

Кинематические зависимости взаимодействия шестерни со сфероспециальным движением с выходным колесом волнового торцевого кинематического редуктора выражаются уравнениями Эйлера [5].

Теоретические разработки, представленные в [6] для зубчато-винтовой передачи, применяемые модели и методы также полностью применимы для волнового торцевого кинематического редуктора, представленного в [2, 3].

Из кинематических уравнений Эйлера, учитывая кинематическую связь между углами φ_{III} и φ_B , выражаемую как:

$$\varphi_{III} = \frac{\varphi_B Z_1}{Z_2} \quad (1),$$

получаем координаты начала N радиуса дуг окружности X_N, Y_N, Z_N согласно к углу поворота кривошипного валика φ_{III} :

$$\left. \begin{aligned} X_N &= R \cos \theta [-\cos \varphi_B \sin \varphi_{III} + \sin \varphi_B \cos \varphi_{III} \cos \delta] - R \sin \theta \sin \varphi_B \sin \delta \\ Y_N &= -R \cos \theta [\sin \varphi_B \sin \varphi_{III} + \cos \varphi_B \cos \varphi_{III} \cos \delta] + R \sin \theta \sin \varphi_B \sin \delta \\ Z_N &= -R \cos \theta \cos \varphi_{III} \sin \delta - R \sin \theta \cos \delta \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Начало N радиуса дуги окружности, с которым условно описываются зубья шестерни, движется по поверхности сферы радиусом R с началом в центре нутации O, описывая траекторию $\lambda_2 = f(\tau)$, выраженные координатами X_N, Y_N, Z_N (рис. 4).

Траектория движения начала N дуги окружности LEM на сфере радиусом R проецируется на плоскость П1 с использованием правил сферической тригонометрии [4]. Таким образом, получаем траекторию TN движения начала радиуса дуги окружности N на плоскости П1, выражаемую зависимостью $\lambda_2 = f(\tau)$.

Зная траекторию $\lambda_2 = f(\tau)$ движения начала радиуса дуги окружности N, выраженную в координатах X_N, Y_N, Z_N , определяем положение точки контакта E профиля зуба шестерни по дуге окружности с профилем зубьев входного колеса.

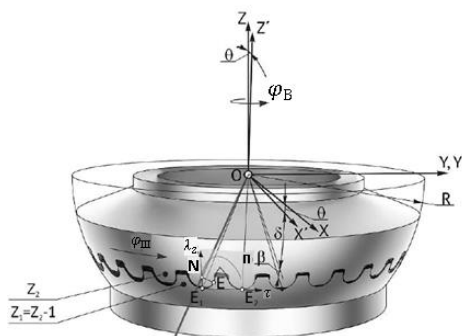


Рис. 2. Описание траектории движения начала N радиуса дуги окружности

Список литературы:

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т.1.- М.: Изд-во Машиностроение, 2001.-920 с.
2. Jasem M. A.; Krauinsh P. Y. Kinematical analysis of the nutation speed reducer. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2019. p. 012022. DOI: 10.1088/1757-899X/510/1/012022.
3. Джасем Мохамед Али, Крауинш Петр Янович Анализ напряженно-деформированного состояния под статической нагрузкой волнового торцевого кинематического редуктора // Вестник ИрГТУ. 2019. №5 (148).
4. Берёзкин Е. Н. Курс теоретической механики — 2-е изд., пер. — М.: Изд-во МГУ. 1974. — 641 с.
5. Журавлев В. Ф. Основы теоретической механики — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2001. С. 23.
6. I. A. Bostan. Precession tooth gearing. SU 1455094 A1. MKI F 16 H 1/32. B.I. Nr. 4. (1989).